

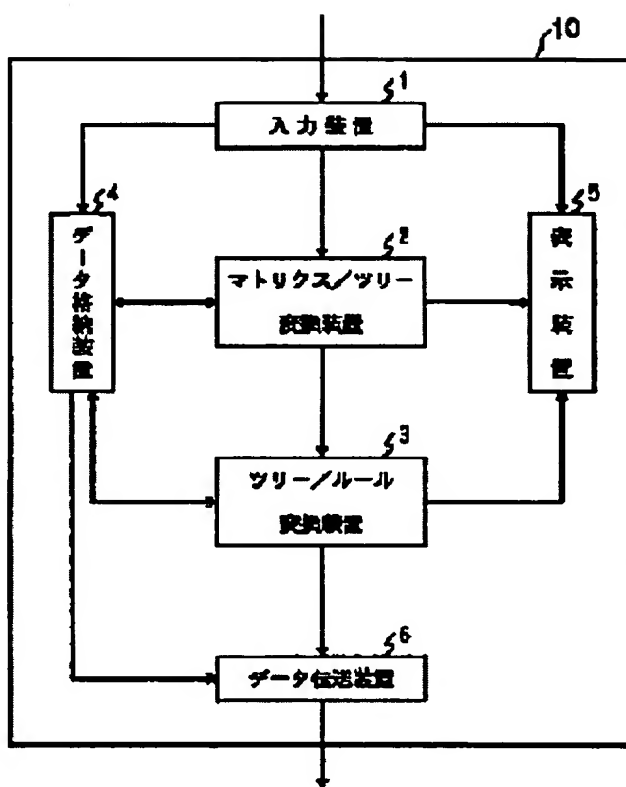
A10

DIAGNOSTIC KNOWLEDGE ACQUISITION DEVICE

Patent number: JP7325618
Publication date: 1995-12-12
Inventor: OKAMACHI MASAO
Applicant: MITSUBISHI HEAVY IND LTD
Classification:
 - international: G05B23/02; G09B9/00
 - european:
Application number: JP19940118308 19940531
Priority number(s):

Abstract of JP7325618

PURPOSE: To provide a diagnostic knowledge acquisition device which enables a person who has diagnostic knowledge about industrial equipments to prepare a diagnostic rule directly and simplifies a diagnostic system.
CONSTITUTION: A cause and effect matrix and restriction conditions are inputted from an input device 1 and stored in a data storage device 4. A matrix/tree conversion device 2 inputs the cause and effect matrix and restriction conditions stored in the data storage device 4 to prepare and store a diagnostic tree in the data storage device 4 and send it out to a display device 5, where it is displayed. A tree/rule conversion device 3 inputs the diagnostic tree stored in the data storage device 4 and generates a diagnostic rule. This diagnostic rule is stored in the data storage device 4 and also displayed on the display device 5. Further, the diagnostic tree generated by the tree/rule conversion device 3 is sent out from a data transmission device 6 to other devices.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-325618

(43) 公開日 平成7年(1995)12月12日

(51) IntCl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 23/02	3 0 2 Y	7531-3H		
G 0 9 B 9/00	A			
// G 0 5 B 13/02	M	7531-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-118308

(22) 出願日 平成6年(1994)5月31日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 岡町 正雄

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

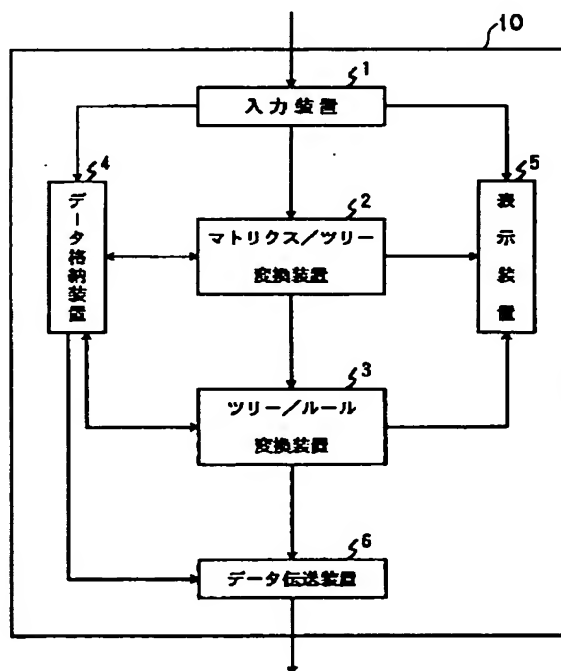
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 診断知識獲得装置

(57) 【要約】

【目的】 産業機器に関する診断知識の保有者が直接に診断ルールを作成でき、診断システムを容易にする診断知識獲得装置を提供することを目的とする。

【構成】 入力装置1より因果マトリクスと制約条件が入力されてデータ格納装置4に格納される。マトリクス／ツリー変換装置2は、データ格納装置4に格納された因果マトリクスと制約条件を取り込み、診断ツリーを作成し、データ格納装置4に格納すると同時に表示装置5に送出して表示する。ツリー／ルール変換装置3は、データ格納装置4に格納された診断ツリーを取り込み、診断ルールを作成する。この診断ルールは、データ格納装置4に格納されると共に表示装置5において表示される。また、ツリー／ルール変換装置3により作成された診断ルールは、データ伝送装置6から他の装置に送出される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 産業機器において発生する異常原因と異常徴候、及びその間の相関度合を表わす因果マトリクスと上記異常徴候の成立状況の特徴付ける制約条件とを入力する入力手段と、この手段により入力された因果マトリクスと制約条件とから診断ツリーを作成する診断ツリー作成手段と、この手段により作成された診断ツリーから異常原因を診断するための診断ルールを作成する診断ルール作成手段と、上記診断ツリー作成手段と診断ルール作成手段によって作成された診断ツリー及び診断ルールを格納する格納手段と、上記診断ツリーと診断ルールを表示する表示手段とを具備したことを特徴とする診断知識獲得装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、例えば原子力発電プラントにおける機器異常診断装置に適用される診断知識獲得装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 産業機器、例えば原子力発電プラント等における機器の異常を診断する異常診断装置では、診断ルールに基づいて診断処理を行なっている。このような異常診断装置に用いられる診断ルールを作成する場合、従来では、システムエンジニアが、診断知識保有者が作成した因果マトリクス、または診断ツリーから診断ルールを作成するか、あるいは機器の異常状態の診断について経験豊富な熟練者から診断状況等を聴取することにより、診断ルールを作成している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記したように従来では、因果マトリクスから診断ツリーに、そして診断ツリーから診断ルールを自動作成する装置はなく、システムエンジニアが、実際にプラントを操作する運転員や、機器の点検、修理をする係員、産業機器や産業プラントの設計を行なう設計者等の診断知識保有者から聴取した情報を基にして診断知識をまとめ、診断ルールを作成している。このため診断ルールの作成に多大な労力を費している。診断知識保有者は、一般的に因果マトリクスを作成することは容易にできるが、ここから診断知識体系の理解が得にくく、ゆえに診断用ツールに適した診断ルールを作成することが困難である。また、診断知識を保有する設計者は、診断ツリーを比較的容易に作成でき、診断ツリーから知識体系の理解は得やすいが、診断ルールを作成することが困難である。

【0004】 この発明は上記実情に鑑みてなされたもので、診断知識の保有者が直接に診断ルールを短時間で作成でき、また診断ルールのメンテナンスが容易な診断知識獲得装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 この発明は、産業機器に

2

おいて発生する異常原因と異常徴候、及びその間の相関度合を表わす因果マトリクスと上記異常徴候の成立状況の特徴付ける制約条件とを入力する入力手段と、この手段により入力された因果マトリクスと制約条件とから診断ツリーを作成する診断ツリー作成手段と、この手段により作成された診断ツリーから異常原因を診断するための診断ルールを作成する診断ルール作成手段と、上記診断ツリー作成手段と診断ルール作成手段によって作成された診断ツリー及び診断ルールを格納する格納手段と、上記診断ツリーと診断ルールを表示する表示手段とを具備したことを特徴とする。

【0006】

【作用】 機器等の知識保有者が作成した因果マトリクスと制約条件が入力手段によって入力されると、その入力データを基にして診断ツリー作成手段は、上記因果マトリクスにおける異常原因に関し、相関度合が0でない異常徴候を抽出し、制約条件から決まる徴候間のAND関係及びOR関係をベースにして、異常原因に到る診断ツリー、及び異常原因と異常徴候間の相関度合を表現する相関度合テーブルを原因ごとに作成する。上記診断ツリーを基に、診断ルール作成手段は、異常徴候間をANDまたはOR演算子で表現した if 部分と、原因を表わす then 部分で構成される診断ルールを原因ごとに作成し、格納手段に格納すると共に表示手段にも送出し、この表示手段は、作成された診断ルールを表示する。上記において作成された相関度合テーブル、診断ルールは、異常原因を推定するためにデータ伝送装置から診断装置等に伝送される。

【0007】 上記のように、知識保有者が因果マトリクスと制約条件を作成し、入力するだけで異常原因を診断するための診断ツリー・ルールを自動作成できるので、診断ツリー・ルールの作成時間の短縮ができ、診断システム作成が容易にできる。

【0008】

【実施例】 以下、図面を参照してこの発明の一実施例を説明する。図1は、この発明の一実施例に係る診断知識獲得装置の構成を示すブロック図である。

【0009】 図1に示すように、診断知識獲得装置10は、入力装置1、マトリクス／ツリー変換装置2、ツリー／ルール変換装置3、データ格納装置4、表示装置5、データ伝送装置6によって構成され、各々は電氣的に結合している。

【0010】 入力装置1は、キーボード、またはCRT、または外部記憶装置であり、機器等の異常原因と異常徴候、そしてこれらの相関度合を表わす因果マトリクス、及び異常徴候の成立状況の特徴付ける制約条件を入力する。この入力装置1により入力されたデータは、マトリクス／ツリー変換装置2、データ格納装置4及び表示装置5に転送される。マトリクス／ツリー変換装置2は、データ格納装置4に格納された因果マトリクス及び

3

制約条件を取り出し、診断ルールの作成に必要な診断ツリーに変換し、表示装置 5 に表示すると共に、データ格納装置 4 に格納する。ツリー／ルール変換装置 3 は、データ格納装置 4 に格納されている診断ツリーのデータを取り込んで、診断ルールを作成し、表示装置 5 に表示すると共に、データ格納装置 4 に格納する。データ伝送装置 6 は、ツリー／ルール変換装置 3、あるいはデータ格納装置 4 から送られてきた診断ルールのデータを他の装置に転送する。

【0011】図 2 は、入力装置 1 により入力される因果マトリクスの例を示した図である。この因果マトリクスは、横軸に異常状態が起こる原因を示し、縦軸にデータ名称とデータ変化（例えばデータ名称として軸受温度、データ変化としてゆっくり上昇）を示す。また、原因とデータ変化との間の相関度合は、0～10 の数値で示している。0 は相関なしを、10 は 100% 相関ありを意味しており、数値が上昇するごとに原因とデータ変化との相関度合は大きくなる。

【0012】図 3 は、因果マトリクスと同様に入力装置 1 に入力される制約条件の例を示した図であり、ある原因によって起こる異常徴候の成立条件を示している。図 3 において、絶対条件は、異常状態の発生が原因 1 によるものならば必ず発生するデータ変化（ここではデータ a における変化 a 1 のこと）であるということの意味し、また同時条件は、異常状態の発生が原因 1 によるものならば複数個のデータ変化（ここではデータ a における変化 a 2 と、データ b における変化 b 3 のこと）が同時に発生するという意味するものである。また、同時条件が No. 2 まであれば、同時条件は 2 組存在することになる。

【0013】図 4、図 5 は、マトリクス／ツリー変換装置 2 によって因果マトリクスと制約条件から診断ツリーを作成する過程を示すフローチャートである。図 4、図 5 において、診断ツリーを作成する過程で用いる定数、すなわち $j_1, j_2, j_3, k, j_{3n}, j_4, j_5, j_6$ の説明をする。 j_1 は、図 2 に示す原因とデータ変化間の相関度合において、ある原因 i （ここでは原因 1～原因 5）に関して相関度合が 0 でないデータ名称の総数、また j_2 は、原因 i に関する相関度合が 0 でないデータ変化の総数である。 j_3 は、図 3 に示す絶対条件のデータ名称におけるデータ変化の数、 k は同時条件の組数であり、 j_{3n} は、1 組の同時条件に含まれるデータ変化の数であって、もし $n=1$ ならば 1 組目（No. 1）の、 $n=2$ ならば 2 組目（No. 2）の同時条件に含まれるデータ変化の数を意味している。 j_4 は、 j_2 個のデータ変化の総数から制約条件におけるデータ変化の数を除いた残りのデータ変化数を含んでいるデータ名称の数である。 j_5 は、 j_4 個のデータ名称の数のうち、2 つ以上のデータ変化を有しているデータ名称の数である。 j_6 は、上記 j_4 個のデータ名称に含まれる残

4

りのデータ変化の数である。

【0014】図 6 は、マトリクス／ツリー変換装置 2 によって作成された診断ツリーの例を示した図である。図 6 に示すように、診断ツリーは、図 2 に示す原因 1 に対して作成された AND・OR で構成されるものである。

【0015】図 7 は、マトリクス／ツリー変換装置 2 によって作成された相関度合テーブルの例を示す図である。図 7 において、相関度合テーブルは、上記原因 1 に対して相関度合が 0 でないデータ名称及びデータ変化が抽出されたものである。

【0016】図 8、図 9 は、ツリー／ルール変換装置によって診断ツリーから診断ルールが作成されるまでの過程を示すフローチャートである。図 10 は、ツリー／ルール変換装置によって作成された診断ルールの例を示す図である。

【0017】図 10 において示す診断ルールは、データ名称とデータ変化を 1 組とし、これらを診断ツリーの論理演算子（AND または OR）の通りに表現した徴候条件と、原因名を示す原因条件からなる `if-then` ルールであり、診断ルールは次のように表わされる。

【0018】診断ルール：`if`（徴候条件）`then`（原因条件）

次に上記実施例の動作について説明する。なお、説明する実施例は、図 2 に示される原因 1 に対して診断ツリー及び診断ルールを作成する場合についてである。

【0019】図 1 において、入力装置 1 により図 2 に示される因果マトリクス、及び図 3 に示される各原因ごとに絶対条件と同時条件から構成される制約条件を入力する。入力された因果マトリクスと制約条件は、データ格納装置 4 に送出されて格納されると同時に、表示装置 5 にも送られて表示される。次にマトリクス／ツリー変換装置 2 は、データ格納装置 4 に格納された上記因果マトリクス及び制約条件を取り込み、診断ルールの作成に必要な診断ツリーの作成を行なう。

【0020】ここで、マトリクス／ツリー変換装置 2 が診断ツリーを作成する動作を図 4、図 5 を用いて説明する。マトリクス／ツリー変換装置 2 は、まず、データ格納装置 4 から因果マトリクスを取り込み（ステップ A 1）、続いて制約条件を取り込む（ステップ A 2）。次にマトリクス／ツリー変換装置 2 は、原因 i における初期値 1 を決定する（ステップ A 3）。すなわち、ここで原因 1 に関して診断ツリーを作成する動作を始めることを意味している。初期値 1 の設定が終わると、入力された上記因果マトリクスから原因 1 について、相関度合が 0 でないデータ名称 j_1 個とデータ変化 j_2 個を抽出する（ステップ A 4）。つまり図 2 に示すように、 j_1 は、データ a、データ b、データ c の計 3 個であり、 j_2 は、変化 a 1、変化 a 2、変化 b 1、変化 b 2、変化 b 3、変化 c 1、変化 c 2 の計 7 個である。次に、ステップ A 2 で入力された制約条件から、絶対条件のデータ

5

変化 j 3 個と、同時条件の組数 k 個、そして k 個内のデータ変化の数、すなわち、次式

【0021】

【数1】

k

$$\sum_{n=1}^k j_3 n \quad (n=1 \sim k) \quad \dots (1)$$

で表わされる個数を抽出する（ステップA5）。この場合においては、図3に示すように、絶対条件のデータ変化 j_3 は、データ a における変化 a_1 の1個であり、同時条件の組数 k はNo. 1に示される1組であり、この1組の中のデータ変化の数は、変化 a_2 と変化 b_3 の2個である。

【0022】以上の各個数の抽出が終わると、図6に示す診断ツリーを描く動作に入る。まず始めに原因1を描く（ステップA6）。続いて、上記において抽出した相関度合が0でない3種類のデータ名称について、このデータ名称、及びこのデータ名称それぞれに対応する7個のデータ変化を描く（ステップA7）。次に、上記で抽出された j_3 の値がもし0でない、つまり絶対条件についてのデータ名称におけるデータ変化が存在するならば、第1段にANDを1個描き、 j_3 個のデータ名称におけるデータ変化を上記ANDに入力する線を描いて、さらに原因1と上記ANDを結ぶ線を描く（ステップA8）。ここでは、絶対条件についてのデータ名称におけるデータ変化は、図3に示すように（データ a 変化 a_1 ）だけなので、この（データ a 変化 a_1 ）から描かれた第1段のANDに対して線が結ばれる。

【0023】次に、抽出されたデータ変化の総数 j_2 から制約条件におけるデータ変化の数を除いた残りのデータ変化数（ j_6 ）が0でない、つまり抽出された全徴候のうち、制約条件でない徴候が存在する場合には、第2段にORを1個描き、このORから上記第1段のANDに入力する線を描く。このとき、もし第1段のANDがなければ、原因1に上記第2段のORから線を結ぶ（ステップA9）。続いて同時条件の組数が k 個存在するならば、第3段にANDを k 個描き、この第3段のANDから上記第2段のORに入力する線を描く。このとき、もし第2段のORがないならば、第3段のANDから上記第1段のANDに線を入力する（ステップA10）。原因1に関しては、図3に示すように、同時条件の組数は（データ a 変化 a_2 ）、（データ b 変化 b_3 ）からなる1組（ $k=1$ ）だけなので、第3段のANDは1個であり、上記（データ a 変化 a_2 ）、（データ b 変化 b_3 ）から第3段のANDに対してそれぞれ線が結ばれる。

【0024】上記の動作が終わると、次にデータ変化の総数 j_2 個から制約条件を除いた残りのデータ変化を含む j_4 個のデータ名称の数において、この j_4 個のデータ名称の数のうち、2個以上のデータ変化を持つデータ

6

名称が j_5 個あるならば、第4段に j_5 個のORを描いて、この第4段のORに入力される線がデータ名称ごとに描かれる。また、1個のデータ変化しか持たないデータ名称であれば、このデータ名称から上記第2段のORに入力する線を描く。次に第4段のORから第2段のORに入力する線を描き、第3段の k 個のANDについて、各ANDに対応する、1組の同時条件に含まれるデータ変化の数 $j_3 n$ （ $n=1 \sim k$ ）個のデータ変化から入力する線を描く（ステップA11）。原因1についてここでは、図2、図3からもわかるように、 j_4 は、データ b とデータ c の2個であり、また、このデータ b とデータ c はそれぞれ（データ b 変化 b_1 ）、（データ b 変化 b_2 ）と、（データ c 変化 c_1 ）、（データ c 変化 c_2 ）という2個ずつのデータ変化を含んでおり、すなわち $j_5=2$ であるため、第4段には2個のORが描かれ、以上の動作により、原因名と、第1段から第4段までの論理演算子、データ名称とデータ変化から構成された診断ツリーが作成される。

【0025】次に、図7に示す相関度合テーブルが作成される（ステップA12）。相関度合テーブルの表現については、ステップA12に示す通りである。相関度合テーブルが作成されると、原因 i について全ての診断ツリーが描かれたか否かの判断が行なわれ、原因1についてのみしか診断ツリーを作成していなければ、 i に1を加算し（ステップA14）、再び上記手順に従って原因2以降の診断ツリーの作成を行なう。もし、このとき全ての原因について診断ツリーが作成されていれば、マトリクス／ツリー変換装置2は、これらの診断ツリーを、ツリー作成時に用いた j_1 , j_2 , j_3 , k , $j_3 n$, j_4 , j_5 , j_6 の各定数、及び原因名、格段の演算子と個数、データ名称と変化、接続関係等で表わされるツリー構造、そして相関度合テーブルで表わされる情報としてデータ格納装置4に格納し（ステップA15）、またマトリクス／ツリー変換装置2は、表示装置5にも診断ツリーのデータを送出し、表示装置5は、作成された診断ツリーのデータを表示する（ステップA16）。

【0026】次に図1において、ツリー／ルール変換装置3は、診断ツリーから診断ルールを作成するが、この作成過程を図8、図9を用いて説明する。ツリー／ルール変換装置3は、データ格納装置4から上記の処理で格納されたツリー構造及びツリー作成時の定数を取り込む（ステップB1）。続いて原因 i の初期値1を設定する（ステップB2）。

【0027】次に、ツリー／ルール変換装置3は、取り込んだ診断ツリー作成時の定数とツリー構造を解析し、第4段のORについて定数 j_5 が、 $j_5 > 0$ であったならば、 j_5 個のORの各々に入る全てのデータ名称・変化について文字表現を行なう（ステップB3）。ここで図6において示される、原因1について作成された診断ツリーから、この場合には、

7

((データ b 変化 b 1) OR (データ b 変化 b 2))
OR ((データ c 変化 c 1) OR (データ c 変化 c 2))
となる。

【0028】次に、第3段のANDに関して、同時条件の組数が0でない、すなわち、 $k > 0$ であるならば、 k 個のAND各々に入る全てのデータ名称・変化について文字表現が行なわれる(ステップB4)。図6からわかるように、この場合は、

((データ a 変化 a 2) AND (データ b 変化 b 3))
となる。

【0029】上記の動作が終了すると次に、第2段のORに関して、データ変化の総数のうち、制約条件でないデータ変化が存在する場合、つまり $j > 0$ ならば、第2段のORに入る全てのデータ名称・変化、及びステップB3、B4においてなされた表現を含んだ文字表現が行なわれる(ステップB5)。図6から、原因1については、

((データ a 変化 a 2) AND (データ b 変化 b 3))
OR ((データ b 変化 b 1) OR (データ b 変化 b 2))
OR ((データ c 変化 c 1) OR (データ c 変化 c 2))
となる。

【0030】次に第1段のANDに関して、絶対条件のデータ変化の数が0でない、つまり、 $j > 0$ であるならば、第1段のANDに入る全てのデータ名称・変化、及びステップB5の表現を含んだ文字表現が行なわれる(ステップB6)。図6から原因1については、

((データ a 変化 a 1) AND
((データ a 変化 a 2) AND (データ b 変化 b 3))
OR ((データ b 変化 b 1) OR (データ b 変化 b 2))
OR ((データ c 変化 c 1) OR (データ c 変化 c 2)))
となる。

【0031】以上の動作が終了すると、ツリー／ルール変換装置3は、if (徴候間のAND, OR表現), then (原因)で表現されるif-thenルール、すなわち図10に示す診断ルールを作成する(ステップB7)。なお、ステップB6までの文字表現までしかなかった場合(絶対条件が存在しなかった場合)には、当然、ステップB6までの文字表現を用いてif-thenルールが作成される。

【0032】次にツリー／ルール変換装置3は、原因i

8

(ステップB8)、もし作成されていなければ、iに1を加算し(ステップB9)、ステップB3に戻って上記手順を繰り返すことにより原因i全てについて診断ルールを作成していく。もし原因i全てについて、診断ルールが作成されていれば、ツリー／ルール変換装置3は、作成した診断ルールを文字表現のままデータ格納装置4に格納する(ステップB10)。また、ツリー／ルール変換装置3は、表示装置5にも診断ルールを送出して表示する(ステップB11)。

10 【0033】機器異常診断装置等で、異常徴候に対する原因推論に用いるため、上記のようにして作成された診断ルールと相関度合テーブルは、図1において、ツリー／ルール変換装置3、あるいはデータ格納装置4からデータ伝送装置6に送られ、外部へ伝送される。

【0034】なお、上記実施例において説明した診断知識獲得装置は、他にも例えば、火力発電プラント、化学プラント等の構成機器異常診断装置、またはプラント異常診断装置にも適用することができる。

【0035】

20 【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、異常の原因と異常の徴候、及びその間の相関度合を表わす因果マトリクスと、異常徴候の成立を特徴付ける制約条件を入力すれば、診断ツリー、及び診断ルールが自動作成されることにより、診断知識の保有者が診断ツリー・ルールの作成方法を知らなくても、上記因果マトリクスと制約条件の作成だけで診断ツリーと診断ルールが入手でき、また、これらの作成によって診断知識体系を容易にチェックでき、さらに機器異常診断装置等の診断装置と組み合わせれば、診断を実施しながら知識の修正を知識保有者自身が実行できる。

【0036】また、診断ツリー、診断ルールの作成時に、システムエンジニアを介する必要があるため、診断ルール作成時間を短縮でき、診断システムの作成を容易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例に係る診断知識獲得装置の構成図。

【図2】同実施例における因果マトリクスの例を示す図。

40 【図3】同実施例における制約条件の例を示す図。

【図4】マトリクス／ツリー変換装置における、因果マトリクスを診断ツリーに変換する処理手順を示す第1のフローチャート。

【図5】図4に係る、因果マトリクスを診断ツリーに変換する処理手順を示す第2のフローチャート。

【図6】マトリクス／ツリー変換装置によって作成された診断ツリーの例を示す図。

【図7】マトリクス／ツリー変換装置によって作成された相関度合テーブルの例を示す図。

50 【図8】ツリー／ルール変換装置における、診断ツリー

を診断ルールに変換する処理手順を示す第1のフローチャート。

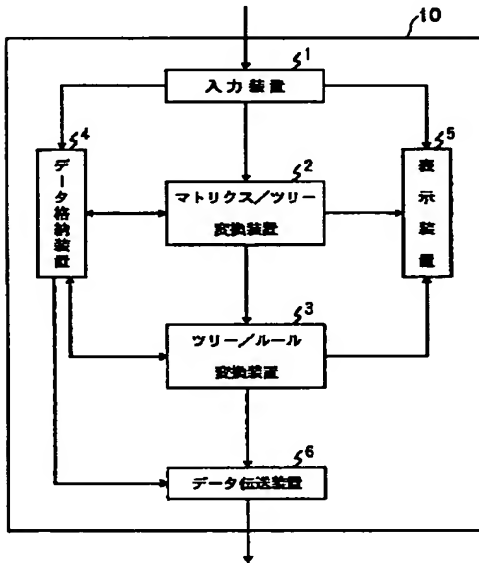
【図9】図8に係る、診断ツリーを診断ルールに変換する処理手順を示す第2のフローチャート。

【図10】ツリー／ルール変換装置によって作成された診断ルールの例を示す図。

【符号の説明】

- * 1 入力装置
- 2 マトリクス／ツリー変換装置
- 3 ツリー／ルール変換装置
- 4 データ格納装置
- 5 表示装置
- 6 データ伝送装置
- * 10 診断知識獲得装置

【図1】



【図3】

原因名：原因1

絶対条件	
データ名称	データ変化
データa	変化a1

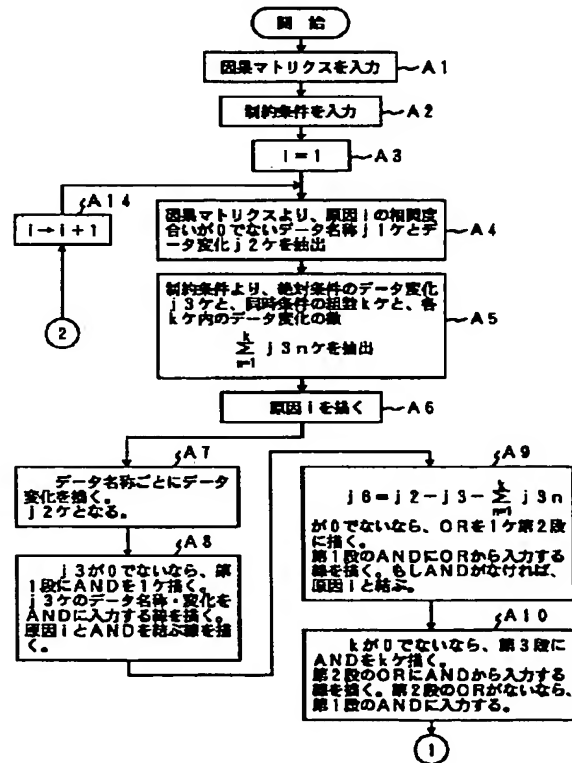
同時条件 No.1	
データ名称	データ変化
データa	変化a2
データb	変化b3

同時条件 No.2	
データ名称	データ変化

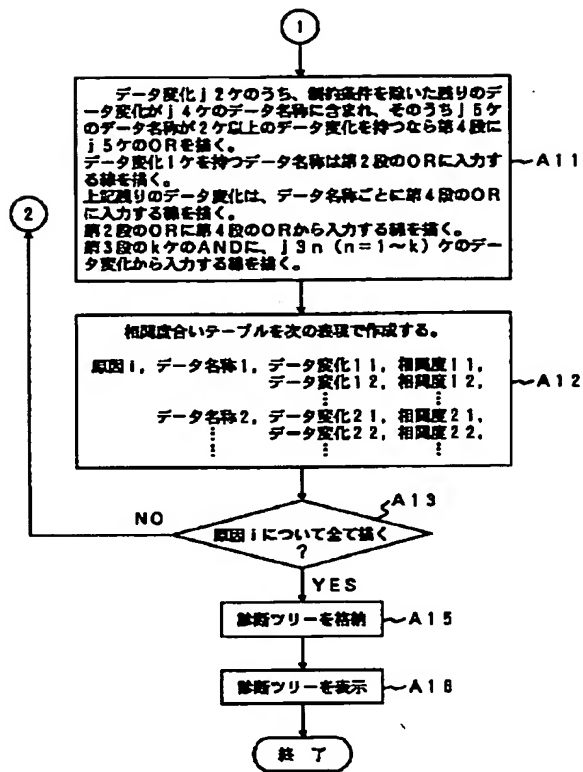
【図2】

原因		原因1	原因2	原因3	原因4	原因5
データa	変化a1	5	0	2	7	3
	変化a2	3	0	5	0	3
	変化a3	0	5	3	3	2
	変化a4	0	5	0	0	2
データb	変化b1	2	0	5	4	0
	変化b2	5	0	0	4	6
	変化b3	3	7	5	2	4
データc	変化c1	5	4	0	7	3
	変化c2	5	3	3	0	5
	変化c3	0	3	7	0	2

【図4】



【図 5】



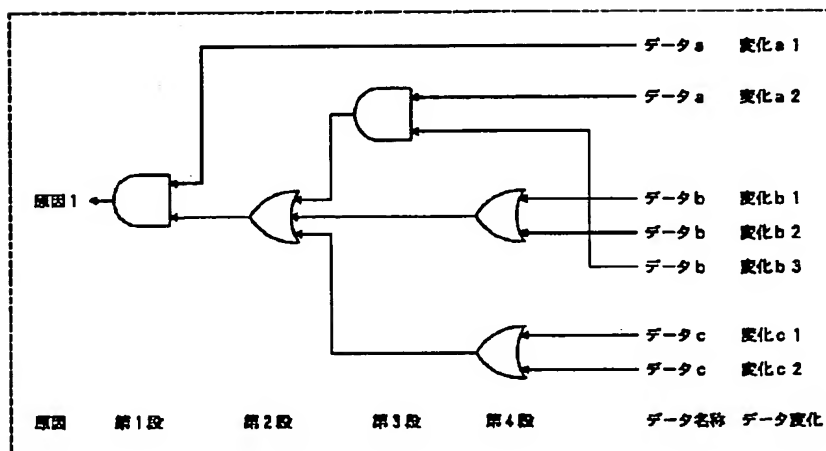
【図 7】

原因1, データa, 変化a1, 5, 変化a2, 3,

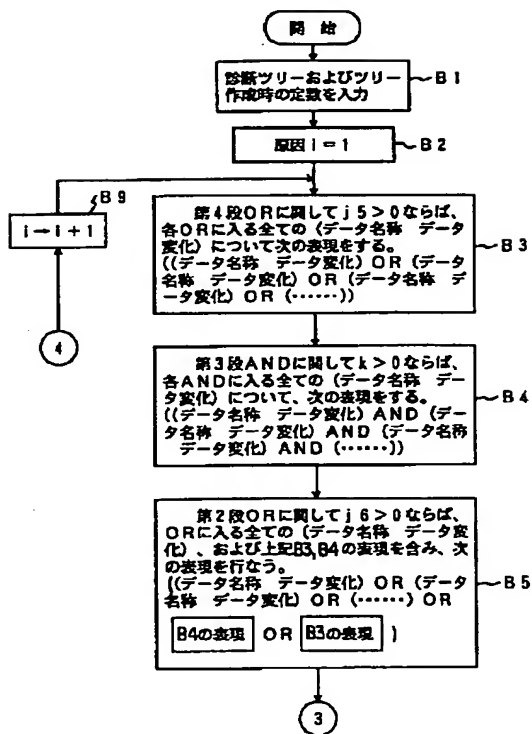
データb, 変化b1, 2, 変化b2, 5, 変化b3, 3,

データc, 変化c1, 5, 変化c2, 5

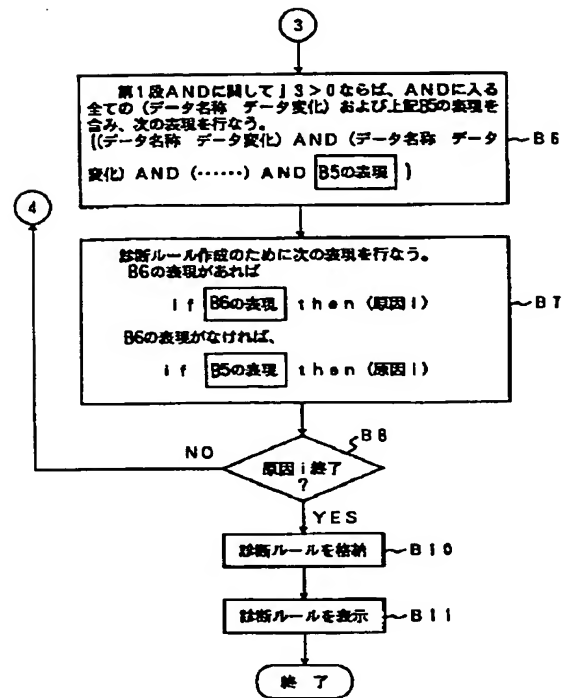
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

```

if ( (データ a 変化 a 1) AND ( ( (データ a 変化 a 2) AND (データ b 変化 b 3) )
    OR ( (データ b 変化 b 1) OR (データ b 変化 b 2) )
    OR ( (データ c 変化 c 1) OR (データ c 変化 c 2) ) ) )
then (原因 i)
  
```